

## Optical thickness measuring device for transparent objects

**Publication number:** DE4434822

**Publication date:** 1996-01-11

**Inventor:** SPENGLER STEFAN (DE); MUNKES DIETER (DE);  
SPARSCHUH GEORG (DE)

**Applicant:** SCHOTT GLASWERKE (DE)

**Classification:**

- international: **G01B11/06; G02B5/04; G01B11/06; G02B5/04;** (IPC1-7): G01B11/06; G01B11/14

- European: G01B11/06

**Application number:** DE19944434822 19940929

**Priority number(s):** DE19944434822 19940929

**Also published as:**



EP0704670 (A2)



US5636027 (A1)



JP8114421 (A)



EP0704670 (A3)



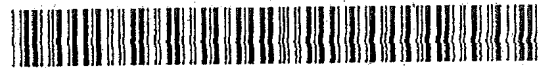
EP0704670 (B1)

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE4434822**

The thickness measuring device has a pair of light sources (10,20), providing a pair of light beams, directed symmetrically onto the transparent object via respective prisms (14,24). The beams reflected from the front and rear boundary surfaces of the object are fed back via the prisms to a pair of position-sensitive detectors (16,26), coupled to an evaluation stage. The detector signals are used to determine the distance of the front and rear boundary surfaces of the object, with the thickness calculated from the difference between these distances.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Patentschrift  
10 DE 44 34 822 C 1

51 Int. Cl. 6:  
G 01 B 11/06  
G 01 B 11/14

21 Aktenzeichen: P 44 34 822.3-52  
22 Anmeldetag: 29. 9. 94  
43 Offenlegungstag: —  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 11. 1. 96

DE 44 34 822 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
Schott Glaswerke, 55122 Mainz, DE

72 Erfinder:  
Spengler, Stefan, 55257 Budenheim, DE; Munkes,  
Dieter, 55288 Partenheim, DE; Sparschuh, Georg,  
55459 Aspisheim, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 41 43 186 A1  
US 35 23 736

54 Vorrichtung zur berührungslosen Messung von Abständen zu reflektierenden Grenzflächen oder Abstandsdifferenzen dazwischen, insbesondere zur Bestimmung der Dicke von Meßobjekten aus transparentem Material

57 Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung, insbesondere zur berührungslosen Messung der Dicke von Meßobjekten aus transparentem Material, bei welcher zwei gegenläufige Strahlen aus einer ersten und einer zweiten Strahlungsquelle durch erste und zweite Strahlteiler und eine Umlenkeinrichtung, die aus einem Körper aus transparentem Material mit reflektierenden und brechenden Grenzflächen besteht, hindurch schräg auf die Oberfläche des Meßobjekts geführt werden und die an dessen Vorder- und Rückfläche jeweils reflektieren erste und zweiten Teilstrahlenpaare wiederum durch die Umlenkeinrichtung und den ersten und zweiten Strahlteiler hindurch auf eine erste und zweite Nachweiseinrichtung gelenkt werden, und bei welcher, um eine kompakte Bauweise zu ermöglichen und zur Erzielung einer höheren Meßgenauigkeit, der erste und der zweite Strahlteiler durch die den Strahlungsquellen zugewandten Strahleintrittsflächen der Umlenkeinrichtung gebildet werden.

DE 44 34 822 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur berührungslosen Messung von Abständen zu reflektierenden Grenzflächen oder Abstandsdifferenzen dazwischen, insbesondere zur Bestimmung der Dicke von Meßobjekten aus transparentem Material.

Es ist aus EP 0 248 552 A1 bekannt, zur Messung der Dicke von Glasplatten einen Laserstrahl schräg auf die Oberfläche der Glasplatte zu richten. Der Laserstrahl wird an der Glasoberfläche teilweise reflektiert und teilweise in das Glas hineingebrochen. Der gebrochene Teil wird an der Rückseite des Glases wiederum teilweise reflektiert. Dieser an der Rückseite reflektierte Anteil trifft dann wieder auf die Glasoberfläche und wird dort aus dem Glas herausgebrochen. Der Strahl ist bei planparalleler Vorder- und Rückseite des Glases parallel versetzt zum direkt von Oberfläche reflektierten Teilstrahl. Der Abstand zwischen beiden Teilstrahlen ist direkt proportional zur Glasdicke, wenn der Einfallswinkel auf der Glasoberfläche und die Glasbrechzahl konstant sind.

Der notwendige schräge Einfall des Laserstrahls auf die Oberfläche des Meßobjekts wird im Stand der Technik in der Regel durch Schrägstellen des Lasers oder mittels eines oder mehrerer Spiegel oder auch eines Umlenkprismas realisiert.

Eine weitere Vorrichtung zur Messung der Dicke transparenter Materialien ist aus der DE 41 43 186 A1 bekannt. Die in der Druckschrift beschriebene Vorrichtung arbeitet mit zwei im wesentlichen gegenläufigen Strahlengängen, um Meßfehler, die beispielsweise von einer Verkippung des Meßobjekts herrühren können, zu kompensieren. Die bekannte Vorrichtung weist zwei Laserlichtquellen zur Erzeugung zweier Sendestrahlen, zwei Strahlteiler, zwei Zeilensensoren als ortsauflösende Nachweiseinrichtungen und ein Umlenkprisma auf. Die gegenläufigen Strahlengänge der Sendestrahlen werden dadurch erzielt, daß die oben beschriebenen optischen Bausteine in der Weise symmetrisch an dem Umlenkprisma angeordnet sind, daß die Symmetrieachse des Prismas die Symmetrieachse der gesamten Anordnung bildet.

Nachteilig an dieser Vorrichtung ist, daß jeder Meßstrahl vom Strahlaustritt bis zum Nachweis acht Glas/Luft-Grenzflächen (Strahlteiler, Umlenkprisma) passieren muß, wobei die Oberfläche des Meßobjekts noch nicht mitgerechnet ist. Dies kann zu Lasten der Meßgenauigkeit gehen, da diese Grenzflächen sehr leicht verschmutzen können, insbesondere beim Einsatz eines solchen Meßgerätes in Produktionshallen.

Des weiteren können die beiden Strahlengänge nicht parallel, sondern nur im Wechsel betrieben werden, da sonst parasitäre Reflexe, die jeweils vom einfallenden Strahl herrühren und sich nach Reflexion im Strahlteiler den nachzuweisenden Teilstrahlenpaaren überlagern können, die Messung stören würden.

Aufgabe der Erfindung ist, eine Vorrichtung anzugeben, mit der selbst geringe Abstände zu reflektierenden Grenzflächen oder Abstandsdifferenzen dazwischen schnell und mit hoher Genauigkeit bestimmbar sind.

Diese Aufgabe wird mit einer Vorrichtung mit den Merkmalen nach dem Patentanspruch 1 gelöst.

Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, daß die Umlenkeinrichtung, die aus einem Körper aus transparentem Material besteht, dessen brechenden und reflektierenden Flächen zur Strahlumlenkung benutzt werden, so gestaltet werden kann, daß ihre Strahleintrittsflächen für die Sendestrahlen zugleich als strahlteilende Flächen genutzt werden können. Die erfindungsgemäße Vorrichtung kommt damit im Gegensatz zu Stand der Technik ohne separate Strahlteiler aus.

Es gibt viele Möglichkeiten, eine Umlenkeinrichtung der oben beschriebenen Art zu realisieren. Der Fachmann mit Kenntnissen in der geometrischen Optik ist, da die Strahlführung im wesentlichen vorgegeben ist, ohne weiteres in der Lage die für seinen Anwendungszweck geeignete Ausführungsform zu finden.

Geeignet kann beispielsweise ein Umlenkprisma der in der DE 41 43 186 A1 beschriebenen Art sein, welches so dimensioniert ist, daß die vom Meßobjekt rückreflektierten Strahlen nicht, wie in der Druckschrift dargestellt, aus den Seitenflächen austräten, sondern an diesen zur oberen Basisfläche hin reflektiert würden, an welcher dann auch die Nachweiseinrichtungen anzuordnen wären. Die Laser müßten entsprechend direkt auf die Seitenflächen des Umlenkprismas ausgerichtet sein. Die Seitenflächen des Umlenkprismas würden bei diesem Ausführungsbeispiel, wie weiter unten noch näher erläutert wird, die strahlteilenden Flächen und Strahleintrittsflächen bilden.

Vorzugsweise wird die Erfindung dadurch realisiert, daß die Umlenkeinrichtung durch zwei identische Prismen gebildet wird, die analog zum Stand der Technik zur Erzielung einer im wesentlichen gegenläufigen Strahlführung symmetrisch zur Symmetrieachse der Vorrichtung angeordnet sind. "Im wesentlichen gegenläufige Strahlführung" bedeutet im Sinne der vorliegenden Erfindung, daß die von den beiden Strahlungsquellen ausgesandten Sendestrahlen auf dem größten Teil ihres Strahlenweges relativ zueinander in entgegengesetzter Richtung verlaufen. Die Prismen sind so gestaltet, daß ihre der jeweiligen zugeordneten Strahlungsquelle zugewandte Strahleintrittsfläche zugleich Reflexionsfläche für die von dem Meßobjekt reflektierenden Teilstrahlen des anderen Strahlengangs ist, d. h. die Teilstrahlen werden durch diese Fläche in Richtung auf die zugeordneten Nachweiseinrichtung reflektiert. Diese Fläche ist damit nicht nur Teil der Strahlumlenkung, sondern wirkt auch noch zugleich als strahlteilende Fläche.

Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung die Gesamtanordnung eines nach der Erfindung arbeitenden Meßgeräts;

Fig. 2 in einer Prinzipskizze den Strahlengang des von der Strahlungsquelle einfallenden Strahls im Prisma; und

Fig. 3 analog zu Fig. 2 den Strahlengang reflektierter Strahlen im Prisma.

Man erkennt in Fig. 1 in schematischer Darstellung eine bevorzugte Ausführungsform für eine Gesamtanordnung eines Meßgerätes nach der Erfindung. In Fig. 1 ist mit dem Bezugszeichen 1 das Meßobjekt, beispielsweise eine Glasplatte, deren Dicke, oder eine Glasröhre, deren Wandstärke bestimmt werden soll, bezeichnet. 10 und

20 bezeichnen die erste und die zweite Strahlungsquelle, hier Laser, 12 und 22 Strahlumformer, die die Aufgabe haben, der Strahlquerschnittsfläche eine gewünschte Form zu geben und gegebenenfalls die Polarisationsrichtung der Strahlen zu ändern. 14 und 24 bezeichnen die beiden Prismen, die die Strahlumlenkeinrichtung mit Strahleintritts- und strahlteilenden Flächen 141, 241 darstellen, und 16 und 26 die zugeordneten ortsauflösenden Nachweiseinrichtungen für reflektierte Strahlen, in der Figur Zeilensensoren. Von den Zeilensensoren 16 und 26 aus gelangen die Meßsignale zur Auswertung zu einer Auswerteelektronik 30.

Die Gesamtanordnung ist spiegelsymmetrisch zu einer in der Papierebene, zwischen den beiden Prismen 14 und 24 verlaufenden Symmetrieachse. Dies resultiert aus der Forderung nach einer im wesentlichen gegenläufigen Strahlführung, die, wie es schon aus der DE 41 43 186 A1 bekannt ist, Meßfehler, die von einer Verkippung des Meßobjektes herrühren, kompensieren soll. Dieses Meßprinzip ist in der DE 41 43 186 A1 ausführlich beschrieben.

Im Betrieb fallen Sendestrahlungen von den Laserlichtquellen 10 und 20, nach dem sie die Strahlumformungen 12 und 22 durchlaufen haben, auf die Strahleintrittsflächen 141, 241 der Prismen 14 und 24. An diesen Flächen wird ein Teil der Strahlung reflektiert, ein Teil wird gebrochen und tritt in das jeweilige Prisma ein. An der Fläche 142, 242 des Prismas wird der Strahl wiederum zum Teil reflektiert und zum Teil gebrochen, wobei der gebrochene Teil des Strahls aus dem Prisma austritt und auf das Meßobjekt fällt. Vorzugsweise ist das Prisma so gestaltet, daß der reflektierte Teilstrahl, wie weiter unten noch erläutert wird, im Prisma verbleibt und nicht als parasitärer Reflex auftritt.

Der Strahlengang im Prisma auf dem Hinweg zum Meßobjekt ist in der Prinzipskizze in Fig. 2 zur Verdeutlichung noch einmal ohne die vom Meßobjekt zurückreflektierten gegenläufigen Teilstrahlen des anderen Strahlengangs dargestellt. Fig. 2 zeigt ebenso wie Fig. 3 nur das in Fig. 1 auf der linken Seite angeordnete Prisma 14. Aufgrund der Symmetrie der Anordnung ist der Strahlengang jedoch in beiden Prismen identisch.

In Fig. 3 ist der Strahlengang rückreflektierter Strahlen im Prisma dargestellt. Die von an der Vorder- und Rückfläche 101, 102 des Meßobjektes 1 reflektierten Strahlen treten durch die Fläche 142 in das Prisma 14 ein — ein Teil wird wiederum reflektiert —, werden gebrochen und nach Durchlaufen des Prismas 14 an dessen Fläche 141 in Richtung auf die Fläche 143 reflektiert. An der Fläche 143 tritt das Strahlenpaar aus und gelangt auf den Zeilensensor 16. Über die an den Zeilensensor 16 angeschlossene Auswerteelektronik 30 werden die Meßsignale ausgewertet und in Abstandswerte umgesetzt.

Die Auswertung der Meßsignale ist Stand der Technik und beispielsweise in EP 0 248 552 A1 beschrieben. Die Auswertung erfolgt im wesentlichen über die Gleichung:

$$T = s \cdot \frac{\sqrt{n^2 - \sin^2 \gamma}}{\sin(2\gamma)}$$

wobei s den Abstand zwischen den Teilstrahlen eines Strahlenpaares, n die Brechzahl des Glases des Meßobjektes, T die Dicke des Meßobjektes und  $\gamma$  den Einfallswinkel des reflektierten Strahlenpaares auf die Fläche 142 darstellen. Gegebenenfalls kann es in Abhängigkeit von der verwendeten Auswerteelektronik erforderlich sein, in die Auswertegleichung noch Korrekturfaktoren einzusetzen.

Das Auffinden einer geeigneten Auswerteelektronik ist dem Fachmann geläufig. Diese ist nicht Gegenstand der Erfindung.

Als ortsauflösende Nachweiseinrichtungen sind z. B. positionsempfindliche Photodioden oder Dioden-Zeilensensoren geeignet.

Vorzugsweise werden Zeilensensoren eingesetzt, da diese robust, hochauflösend, kompakt, geometrisch stabil, kostengünstig und einfach auszuwerten sind.

Man erkennt in den Fig. 1 bis 3, daß die Strahleintrittsflächen 141, 241 der Prismen 14 und 24 nicht nur der Strahlumlenkung, sondern auch der Strahlteilung dienen: die von den Strahlungsquellen 10, 20 auftreffenden Strahlen werden an den Strahleintrittsflächen 141, 241 in die zugeordneten Prismen 14, 24 hineingebrochen, andererseits werden die rückreflektierten Strahlenpaare an den Flächen 141, 241 in Richtung auf den Zeilensensor reflektiert, d. h. die Flächen 141, 241 haben Strahlteilereigenschaft. Hierzu genügt es, daß sie für die Strahlung teildurchlässig sind. Dies ist in der Regel bei allen Grenzflächen von Luft zu einem Körper aus einem für die betreffende Strahlung transparenten Material der Fall. Unter "Strahlteilung" im Sinne dieser Erfindung soll somit die geometrische Aufspaltung von elektromagnetischer Strahlung in verschiedene Teilbündel durch Reflexion und Transmission verstanden werden, wobei die Intensitätsverhältnisse die verschiedensten Werte annehmen können.

Die Notwendigkeit einer Strahlteilung rührt von der Gegenläufigkeit der Strahlengänge her: Die von dem Meßobjekt rückreflektierten Strahlen, die zum Teil den von der anderen Strahlungsquelle stammenden, auf das Meßobjekt hinlaufenden Strahlen überlagert sind, müssen von diesen entkoppelt und in Richtung auf die Nachweiseinrichtung umgelenkt werden. In DE 41 43 186 A1 sind hierfür separate optische Bausteine, nämlich sog. Strahlteiler vorgesehen. Nach der vorliegenden Erfindung sind diese nicht erforderlich, was zu den weiter oben beschriebenen Vorteilen führt.

Die Dimensionierung der Prismen 14, 24 hängt vom Anwendungsfall ab. Der Fachmann kann in einfacher Weise die für seinen Anwendungsfall günstigsten Abmessungen auffinden. Die Vorgehensweise bei der Dimensionierung der Prismen ist in der Regel so, daß der Fachmann die Abmessungen so wählt, daß der Auftreffwinkel i des hinlaufenden Strahles auf die Oberfläche des Meßobjektes etwa zwischen 20 und 70° liegt. Dies stellt einen

Kompromiß zwischen möglichst großem Strahlabstand der rückreflektierten Teilstrahlen einerseits und Begrenzung der Querausdehnung des Meßbereichs im Meßobjekt, die sich insbesondere bei dicken Objekten bemerkbar macht, dar. Darüber hinaus kann die Geometrie der Prismen 14 und 24 so gewählt werden, in einfacher Weise durch Einstellen eines entsprechenden Winkels  $\beta$  bei sonst vorgegebenen Dimensionen, daß parasitäre Reflexe, die beispielsweise durch an den den Meßobjekten zugewandten Basisflächen der Prismen reflektierten Strahlen des hinlaufenden Strahles entstehen, durch Totalreflexion an den Seitenwänden (143, 243) im Prisma verbleiben. Andernfalls würden diese Reflexe auf die Zeilensensoren auftreffen und zusätzliche Signale generieren, die die Auswertung erschweren und das Signal/Rausch-Verhältnis verschlechtern.

Neben der höheren Meßgenauigkeit hat das Ausschalten dieser parasitären Reflexe noch den Vorteil, daß im Gegensatz zur Vorrichtung der DE 41 43 186 A1 beide Kanäle gleichzeitig betrieben werden können. Die eingangs beschriebenen Kanalbeeinflussung bei der bekannten Vorrichtung tritt bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung nicht auf.

Vorteilhafterweise werden die vom Meßobjekt reflektierten Teilstrahlenpaare nach Reflexion an den Grenzflächen 141, 214 in den Prismen 14 und 24 senkrecht auf die Flächen 143, 243 geführt. Dies geschieht der Einfachheit halber auch bevorzugt über Anpassung des Winkels  $\beta$  der Prismen. Bei senkrechtem Durchtritt durch die Flächen 143, 243 wirkt das Prisma, wie man in Fig. 3 erkennen kann, als anamorphotisches Aufweitungssystem, d. h. der Abstand  $s$  der beiden an der Vorder- und Rückfläche des Meßobjekts reflektierten Teilstrahlen wird durch das Prisma vergrößert. Da die Teilstrahlen nach Austritt aus den Prismen direkt zu den Nachweiseinrichtungen, z. B. Zeilensensoren, gelangen, bleibt dieser vergrößerte Abstand bei der Erfassung der Meßsignale erhalten. Der Vergrößerungsfaktor  $V$  ergibt sich aus Fig. 3 zu:

$$V = \frac{s_2}{s_1} = \frac{\cos \gamma'}{\cos \gamma}$$

Der Vorteil liegt darin, daß bei kleinen Dicken sich ohne Aufweitung überlappende Intensitätsverteilungen von Vorder- und Rückseitenreflexen wieder getrennt werden. Damit können Gläser mit geringer Dicke noch vermessen werden, die ohne Aufweitung bereits nicht mehr meßbar wären.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Zeilensensoren direkt auf die Grenzflächen 143, 243 der Prismen 14, 24 aufgekittet. Vorzugsweise wird zwischen diesen Grenzflächen und den Zeilensensoren noch ein Absorptions- oder Interferenzfilter, insbesondere aus einem dielektrischen Schichtsystem bestehend, das die aus der Umgebung auftreffende Strahlung ausschalten soll, angeordnet, z. B. zwischen beiden Teilen eingekittet. Besonders bewährt hat sich die Verwendung eines Farbglasfilters RG 645, das die kurzwellige Strahlung bis 645 nm unterdrückt. Damit sind alle Glasoberflächen optisch inaktiviert, können nicht verschmutzen und es müssen keine besonderen Anforderungen an Planität und Polierqualität gestellt werden.

Mit einer Strahlteilerbeschichtung auf den Flächen 141, 241, welche das Verhältnis von reflektiertem zu transmittiertem Strahl etwa auf 1 : 1 setzt, können hohe Intensitäten bei den nachzuweisenden Teilstrahlen erzielt werden. Eine Antireflexbeschichtung auf den Flächen 143, 243 verhindert in der Regel weitgehend die Ausbildung der oben beschriebenen parasitären Reflexe.

Unter Berücksichtigung des oben gesagten wurden bevorzugte Materialien und bevorzugte Abmessungen für die Teilprismen ermittelt, die, ebenso wie der damit erzielbare Winkel  $\gamma$ , der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen sind:

Winkel $\gamma$	Winkel $\alpha$	Winkel $\beta$	h	b	Glasart
49°	61,17°	85,70°	65 mm	60 mm	BaF 52
30°	55,40°	90°	60 mm	68 mm	FK 54
25°	48,70°	100°	60 mm	65 mm	FK 54

Der Winkel  $\gamma$  bezeichnet in der obigen Tabelle den Winkel zwischen dem aus dem Prisma 14, 24 in Richtung auf das Meßobjekt 1 hin austretenden Strahl und der Flächennormalen der entsprechenden Flächen 142, 242 bzw. zwischen der Flächennormalen des Meßobjekts und dem hinlaufenden Strahl.

Große Winkel  $\gamma$  eignet sich vor allem für die Messung geringer Glasdicken, wobei geringere Arbeitsabstände in Kauf genommen werden.

Kleine Winkel  $\gamma$  sind vorteilhaft bei der Messung größerer Glasdicken und wenn große Arbeitsabstände gewünscht sind.

Der Winkel  $\gamma$  — und damit der Winkel  $\alpha$  des Prismas — ist genauigkeitsbestimmend. Der Winkel  $\beta$  ist hingegen relativ unkritisch, da bei einer Abweichung vom senkrechten Durchtritt durch die Flächen 143, 243  $\pm 1^\circ$  sich der die Brechung bestimmende Sinus des Winkels nur um 0,01% ändert und damit nach dem Brechungsgesetz nur eine sehr geringe Strahlablenkung erfolgt.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Vorrichtung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Das Zusammenfassen von mehreren Funktionen in einem Bauteil, nämlich der Strahlteilung und -umlenkung in einem Prisma, macht die erfindungsgemäße Vorrichtung kompakt und billig in der Fertigung. Separate Strahlteiler werden nicht benötigt. Weiterhin kommt die erfindungsgemäße Vorrichtung mit wenigen oder gar keinen dielektrischen Beschichtungen aus. Im Gegensatz zur Lösung gemäß DE 41 43 186 A1, bei der 8 Glas/Luft-Grenzflächen (ohne Objekt) überwunden und entspiegelt werden müssen, sind bei der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform der Erfindung nur 4 Glas/Luft-Grenzflächen zu berücksichtigen.

Die Winkel der Prismen können außerdem so gewählt werden, daß parasitäre Reflexe, die trotz einer Entspiegelung der Oberflächen nicht auszuschließen sind, die Messung im jeweilig anderen Kanal nicht stören können. Somit ist es möglich beide Kanäle parallel gleichzeitig auszuwerten, was die Meßrate erhöht.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich durch eine einfache Justierung aus, da nur die beiden optischen Achsen der Laser untereinander parallel und senkrecht zur Gerätevorderkante, die auch Referenzkante für die Prismen ist, ausgerichtet werden müssen. Ist der Winkel  $\alpha$  der Prismen sehr genau gefertigt, kann man davon ausgehen, daß die Einstrahlwinkel auf das Meßobjekt für beide Kanäle automatisch gleich sind, wenn die Prismen mit den Flächen 142, 242 an der Referenzkante anliegen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung eignet sich für verschiedene Anwendungen: neben der Dickenmessung bei Flachglas ist insbesondere die Wandstärkenmessung bei Rohrglas von Interesse. Bei dünnen Röhrchen bzw. entsprechender Dimensionierung der erfindungsgemäßen Vorrichtung können sowohl die Wandstärken als auch die Außen- und Innendurchmesser bestimmt werden. Hierbei erhält man 2 zueinander beabstandete Reflexpaare, die der Reflexion der Strahlen an der vorderen und der hinteren Wand des Röhrchens entsprechen. Der Außendurchmesser entspricht dem Abstand zwischen dem ersten und dem vierten Reflex (bezogen auf den Nullpunkt der Meßskala), der Innendurchmesser dem Abstand zwischen dem zweiten und dritten Reflex. Weiterhin sind Abstands- und Planitätsmessungen auch bei nicht transparenten, im wesentlichen gerichtet reflektierenden Körpern denkbar, bei welchen der Abstand des ersten Reflexes zu einem Bezugspunkt auf der Meßskala von Bedeutung ist.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur berührungslosen Messung von Abständen zu reflektierenden Grenzflächen oder Abstandsdifferenzen zwischen solchen, insbesondere zur Bestimmung der Dicke von Meßobjekten aus transparentem Material, mit

- zwei Strahlungsquellen zur Erzeugung zweier Sendestrahlen,
- zwei strahlteilenden Flächen,
- einer Strahlumlenkeinrichtung aus transparentem Material mit reflektierenden und brechenden Randflächen, und
- zwei ortsauflösenden Nachweiseinrichtungen,

wobei die beiden Sendestrahlen über je eine der strahlteilenden Flächen und die Strahlumlenkeinrichtung zueinander symmetrisch verlaufend in Richtung der Grenzflächenanordnung gelenkt werden, um schräg auf deren Vorderseite zu treffen, und die von der Grenzflächenanordnung reflektierten Strahlen gegenläufig zu den Sendestrahlen über die Strahlumlenkeinrichtung zu den strahlteilenden Flächen und über diese von den gegenläufigen Sendestrahlen entkoppelt zur jeweiligen Nachweiseinrichtung gelangen, dadurch gekennzeichnet, daß die strahlteilenden Flächen mit den jeweils den Strahlungsquellen (10, 20) zugewandten Strahleintrittsflächen der Strahlumlenkeinrichtung zusammenfallen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strahlumlenkeinrichtung aus zwei zueinander symmetrisch angeordneten Prismen (14, 24) besteht.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die jeweils den Strahlungsquellen (10, 20) zugewandten Strahleintrittsflächen (141, 241) der Prismen (14, 24) mit einer strahlteilenden Beschichtung und die der Grenzflächenanordnung (1) zugewandten Flächen (142, 242) mit einer Entspiegelungsbeschichtung versehen sind.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Prismen (14, 24) so dimensioniert sind, daß der Austrittswinkel  $\gamma$  des aus einem Prisma in Richtung auf das Meßobjekt hin austretenden Strahls zwischen  $20^\circ$  und  $70^\circ$  beträgt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel  $\beta$  der Prismen (14, 24) zwischen den jeweils der Grenzflächenanordnung (1) zugewandten Flächen (142, 242) und den den Nachweiseinrichtungen (16, 26) zugewandten Austrittsflächen (143, 243) so gewählt ist, daß die dorthin reflektierten Strahlen beim Austreten aus den Prismen senkrecht auf die entsprechenden Austrittsflächen (143, 243) auftreffen.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Winkel  $\beta$  der Prismen (14, 24) zwischen den jeweils der Grenzflächenanordnung (1) zugewandten Flächen (142, 242) und den den Nachweiseinrichtungen (16, 26) zugewandten Austrittsflächen (143, 243) so gewählt ist, daß parasitäre Strahlen innerhalb der Prismen totalreflektiert werden.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Nachweiseinrichtungen Zeilensensoren (16, 26) sind, die auf die ihnen zugewandten Austrittsflächen (143, 243) der Prismen (14, 24) aufgekittet sind.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Nachweiseinrichtungen (16, 26) und den ihnen zugewandten Austrittsflächen (143, 243) der Prismen (14, 24) Absorptions- oder Interferenzfilter angeordnet sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Prismen (14) und (24) die in der nachfolgenden Tabelle für verschiedene Glasarten angeführten Abmessungen aufweisen:

Winkel $\alpha$	Winkel $\beta$	h	b	Glasart
61,17°	85,70°	65 mm	60 mm	BaF 52
55,40°	90°	60 mm	68 mm	FK 54
48,70°	100°	60 mm	65 mm	FK 54

worin bedeuten:

b: Länge der der Grenzflächenanordnung zugewandten Prismengrundfläche,

h: Höhe des Prismas über seiner Grundfläche,

$\alpha$ : Winkel zwischen der Grundfläche und der der Strahlungsquelle zugewandten Strahleintrittsfläche, und

$\beta$ : Winkel zwischen der Grundfläche und der der Nachweiseinrichtung zugewandten Austrittsfläche

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



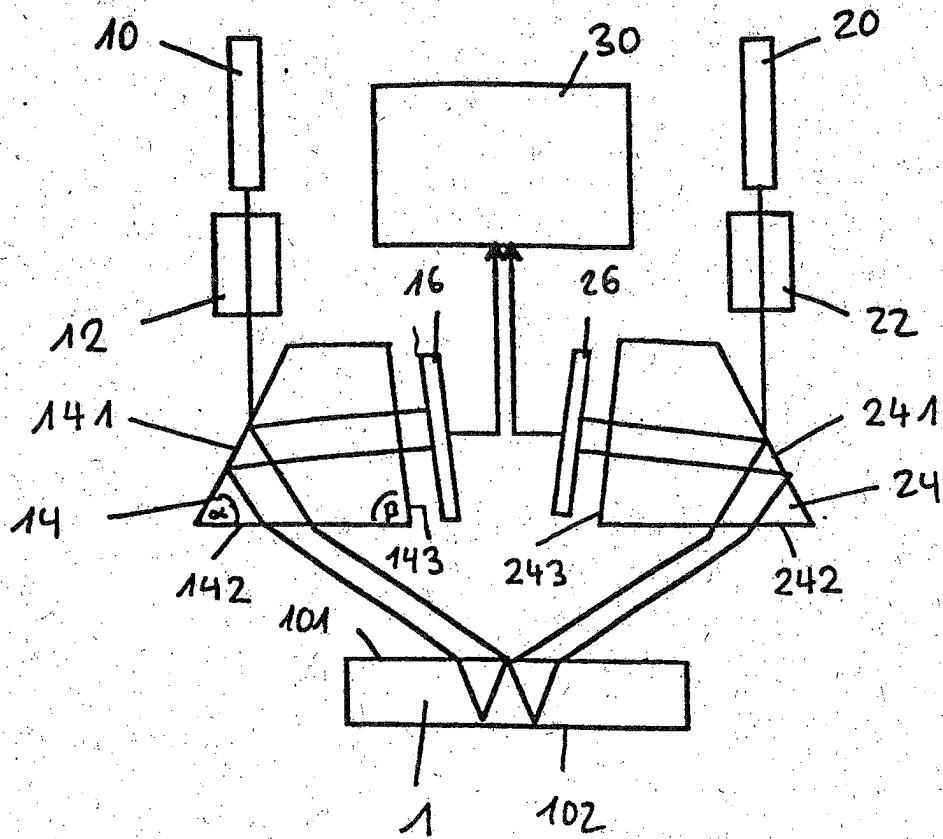


Fig. 1

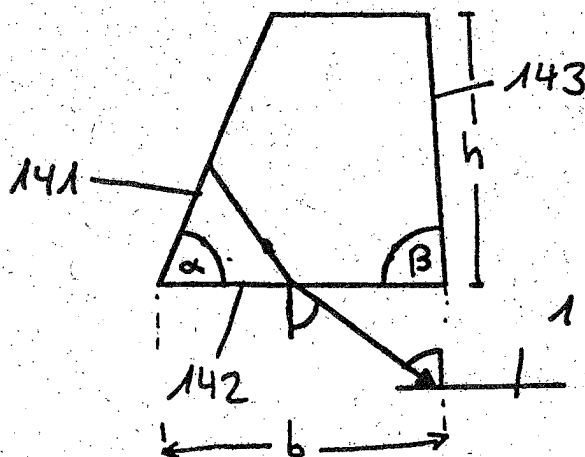


Fig. 2

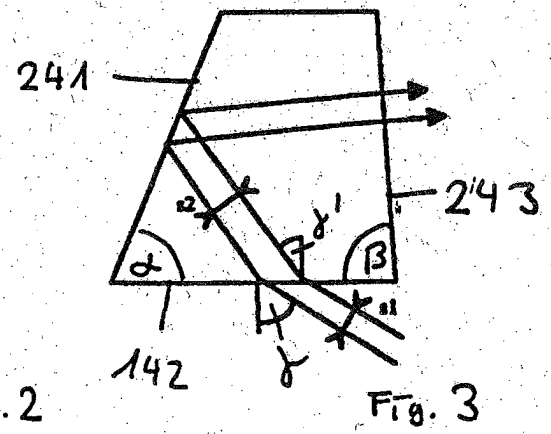


Fig. 3